



REVISIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN LA LIXIVIACIÓN DE RESIDUOS SOLIDIFICADOS/ESTABILIZADOS

Llano Astuy, Tamara¹; Dacuba García, Juan²; Cifrián Bemposta, Eva³; Santos Terán, Jorge⁴; Andrés Payán, Ana⁵

¹ Green Engineering Resources Research Group (www.geruc.es), E.T.S. Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Universidad de Cantabria, Avda. Los Castros s/m. 39005, España. llanot@unican.es, dacubaj@unican.es, cifriane@unican.es, jorge.santos@alumnos.unican.es, andresa@unican.es

Resumen

La evaluación del impacto de residuos solidificados/estabilizados (S/E) o sólo estabilizados en vertederos sostenibles es uno de los pasos más importantes de la gestión de este tipo de residuos. Se realiza a través de la determinación de un conjunto de características, siendo la más importante la transferencia de contaminantes al medio, realizada fundamentalmente mediante ensayos de lixiviación. A nivel europeo, la evaluación del comportamiento ambiental se lleva a cabo a través de la metodología normalizada UNE-EN12920 “*Caracterización de residuos. Metodología para la determinación del comportamiento en la lixiviación de residuos en condiciones específicas*” para modelar la evaluación de la eliminación de constituyentes mediante una estructura jerarquizada en niveles. En este trabajo se lleva a cabo un estudio comparativo de la metodología UNE-EN12920 con otras metodologías propuestas en diferentes países, UK, Francia, Canadá y por la EPA, que persiguen objetivos semejantes. Los resultados ponen de manifiesto una serie de coincidencias, todas contemplan una caracterización básica a través de diferentes ensayos de lixiviación, así como una etapa de modelado; en cambio, amplían el espectro de aplicación a escenarios de valorización, y con ello el tipo de materiales residuales sobre los que se aplica.

Palabras clave: *estabilización, impacto medioambiental, lixiviación, solidificación, vertederos.*

1. Introducción

Las técnicas de Solidificación/Estabilización (S/E) son ampliamente utilizadas como paso previo al vertido de residuos peligrosos. Estas tecnologías se basan en la adición de aglomerantes y aditivos adecuados, para llegar a un producto final, que tras un tiempo de fraguado y curado se convierte en un residuo de deposición admisible en vertederos controlados.

La evaluación del impacto en vertederos sostenibles para residuos S/E o sólo estabilizados es uno de los pasos más importantes de la gestión de este tipo de residuos. Adicionalmente al aumento de volumen, con consecuencias directas en la deposición en vertedero, la evaluación del impacto tiene una gran influencia en la determinación del grado de eficacia de los tratamientos de S/E y se basa no sólo en la evaluación del impacto medioambiental sino también en la evaluación técnica de los productos obtenidos en escenarios de deposición o reutilización. Primordialmente, la determinación de características físicas (como fuerza de compresión, ensayos de durabilidad, permeabilidad al agua, estructura de poros), técnicas (en función del uso del producto final) y comportamiento de transferencia de contaminantes al medio, son los más utilizados para dicha evaluación. Dentro de estas características, la más importante es la transferencia de

contaminantes al medio que se realiza fundamentalmente mediante ensayos de lixiviación (Ruiz-Labrador 2013).

Así pues, el objetivo principal de este estudio es la realización de una revisión bibliográfica que permita evaluar el comportamiento ambiental de la deposición de residuos estabilizados en vertederos sostenibles. Para ello, se analizaron y compararon diferentes metodologías. Se tomó como referencia la norma europea UNE-EN 12920, y se comparó con otras metodologías de países tales como Reino Unido, Francia, Canadá y EEUU encontradas en bibliografía.

2. Metodología

Con el objetivo de evaluar el comportamiento ambiental de la deposición de residuos industriales peligrosos de carácter granular a largo plazo, se llevó a cabo un análisis bibliográfico exhaustivo sobre procesos S/E, ensayos de lixiviación y metodologías aplicables.

3. Resultados

Las principales metodologías encontradas en bibliografía y comparadas en este estudio se muestran en la Figura 1. Se trata de metodologías aplicables a diferentes tipos de residuos peligrosos S/E o solidificados.

METODOLOGÍA UNE-EN 12920 (EUROPA)	<i>Caracterización de residuos. Metodología para la determinación del comportamiento en la lixiviación de residuos en condiciones especificadas</i>
METODOLOGÍA UNIVERSIDAD SHEFFIELD (UK)	<i>Metodología de caracterización de cenizas volantes de combustión de carbón</i>
METODOLOGÍA LAEPSI INSA (Francia)	<i>Metodología de caracterización de Residuos porosos Solidificados</i>
METODOLOGÍA LEAF (EPA)	<i>Metodología de caracterización de materiales secundarios</i>
METODOLOGÍA EC WTC Ontario (Canadá)	<i>Metodología de caracterización de Residuos S/E</i>

Figura 1. Resumen de metodologías de caracterización de residuos aplicables a la evaluación del impacto de deposición.

3.1 Metodología UNE-EN 12920

Con el objetivo de orientar la caracterización de residuos, se propone en la Unión Europea un estándar experimental a partir del Comité CEN TC 292 para modelar la evaluación de la eliminación de constituyentes en una serie de pasos definidos en la UNE-EN 12920 “*Caracterización de residuos. Metodología para la determinación del comportamiento en la lixiviación de residuos en condiciones especificadas*” (AENOR, 2008). Esta metodología está en concordancia con lo que propone la Directiva Europea relativa al vertido, Directiva 99/31/CE (EUROPA, 1999), y nace con el propósito de proporcionar un procedimiento para la

determinación del comportamiento de lixiviación de un residuo en condiciones específicas, por ejemplo, en un escenario de eliminación o utilización dentro de un marco de tiempo especificado, y mediante una estructura jerarquizada en seis niveles (descripción del escenario, descripción del residuo, comportamiento frente a lixiviación, modelado, validación y conclusiones). Se diseña para asegurar que las propiedades específicas del residuo y las condiciones del escenario se tienen en cuenta. A continuación, en la Tabla 1 se muestran diferentes casos de aplicación de la metodología UNE-EN 12920, con el fin de evaluar el comportamiento de lixiviación de diferentes residuos S/E.

Tabla 1. Estudios del comportamiento de lixiviación de residuos S/E y cuyo destino es vertedero.

Metodología	Residuo	Niveles específicos aplicados
UNE-EN 12920 Ruiz-Labrador, 2013	Polvos de acería de horno de arco eléctrico estabilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del residuo (nivel 2) - Descripción del escenario (nivel 1) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Validación del comportamiento de lixiviación (nivel 5) - Conclusiones (nivel 6)
UNE-EN 12920 van der Sloot et al., 2007	Residuos incineración RSU, cenizas de filtro, lodos metálicos y tortas de filtración estabilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del escenario (nivel 1) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Validación del comportamiento de lixiviación (nivel 5) - Conclusiones (nivel 6)
UNE-EN 12920 FNADE, 2006	Residuos Peligrosos S/E	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del escenario (nivel 1) - Descripción del residuo (nivel 2) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Validación del comportamiento de lixiviación (nivel 5) - Conclusiones (nivel 6)
UNE-EN 12920 Tiruta Barna et al., 2006	Residuos orgánicos S/E	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del escenario (nivel 1) - Descripción del residuo (nivel 2) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Conclusiones (nivel 6)
UNE-EN 12920 Van Zomeren et al., 2006	Residuos Peligrosos inorgánicos u orgánicos S/E	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del escenario (nivel 1) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Validación del comportamiento de lixiviación (nivel 5) - Conclusiones (nivel 6)
UNE-EN 12920 *Imyim, 2000	Cenizas volantes y lodos galvánicos S/E	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del escenario (nivel 1) - Descripción del residuo (nivel 2) - Comportamiento de lixiviación de los factores clave (nivel 3) - Modelado del comportamiento de lixiviación (nivel 4) - Conclusiones (nivel 6)

(*) El caso planteado por Imyim (2000) contempla las opciones de vertedero y valorización del residuo.

3.2 Otras metodologías aplicables

Además de la UNE-EN 12920, existen estudios que aplican otro tipo de metodologías propuestas en diferentes países. Estas metodologías fundamentalmente llevan a cabo una etapa asimilable a una caracterización básica a través de varios ensayos de lixiviación, así como una etapa de modelado. En la Tabla 2 se presentan estas metodologías.

Tabla 2. Metodologías del comportamiento de lixiviación de residuos cuyo destino es vertedero/valorización.

Metodología	Residuo	Niveles específicos aplicados
Universidad de Sheffield-UK (Zandi y Russell, 2007)	Cenizas volantes de combustión de carbón	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del residuo - Definición del escenario de aplicación y de la legislación aplicable - Caracterización del comportamiento de lixiviación de los principales parámetros clave - Aplicación de métodos de ensayo de lixiviación estándar - Modelado del comportamiento de lixiviación - Ajuste de las condiciones de lixiviación propias del escenario definido - Comparación de los resultados de lixiviación con los valores legislados - Conclusiones
LAEPSI INSA-Francia (Barna et al., 2005)	Residuos porosos Solidificados	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización del residuo - Caracterización del comportamiento de lixiviación - Modelado del comportamiento de lixiviación - Conclusiones
LEAF-EPA (Kosson et al., 2002)	Materiales secundarios	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación del material - Determinación del escenario - Ensayos de disponibilidad - Ensayos de equilibrio - Ensayos de transferencia de masa - Conclusiones
EC WTC Ontario-Canadá (Stegemann y Côté, 1996)	Residuos S/E	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del residuo - Evaluación de la eficiencia de retención química - Conclusiones - Evaluación de la eficiencia de retención física - Conclusiones

4. Conclusiones

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de los métodos disponibles para la evaluación del comportamiento ambiental de la deposición de residuos S/E en vertederos sostenibles. Una de las características más importantes a tener en cuenta en dicha evaluación es la transferencia de contaminantes al medio. Destaca la metodología UNE-EN 12920 la cual está estructurada en seis niveles, aunque se revisaron cuatro metodologías más procedentes de diferentes países.

Una vez comparada la metodología europea con las de UK, Francia, US y Canadá se concluye que únicamente la metodología normalizada UNE-EN 12920 incorpora una etapa de validación (nivel 5) a través de ensayos a gran escala en laboratorio o mediante ensayos en campo. Esto es debido posiblemente a los requerimientos temporales, de seguimiento y/o de espacio necesario para realizar este tipo de ensayos. Por otro lado, las metodologías alternativas a la UNE-EN 12920 amplían el espectro de aplicación dado que considera no sólo vertido sino también valorización.

Referencias

- AENOR. (2008). EN 1920:2006-03 and A1:2008-09. Characterization of waste-Methodology for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions.
- Barna, R., Rethy, Z., Tiruta-Barna, L. (2005). Release dynamic process identification for a cement based material in various leaching conditions. Part I. Influence of leaching conditions on the release amount. *Journal of environmental management*, 74(2), 141-151.
- EUROSTAT. European Commission. (2016). Waste statistics
- FNADE. Fédération Nationale des Activités de la Depollution et de l'Environnement. (2006). Feedback on the french system for the stabilisation/solidification-storage of hazardous waste.
- Imyim, A. (2000). Méthologie d'évaluation environnementale des déchets stabilisés/solidifiés par liants hydrauliques. L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Kosson, D.S., van der Sloot, H.A., Sanchez, F., Garrabrants, A.C. (2002). An Integrated Framework for Evaluating Leaching in Waste Management and Utilization of Secondary Materials. *Environmental Engineering Science*, 19(3), 159-204.
- Ruiz-Labrador, B. (2013). Estudio del comportamiento ambiental de residuos metálicos estabilizados mediante un Sistema integral de ensayos de lixiviación. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria.
- Stegemann, J.A., Côté, P.L. (1996). A proposed protocol for evaluation of solidified wastes. *Science of the Total Environment*, 178, 103-110.
- Tiruta-Barna, L., Fantozzi-Merle, C., de Brauer, C., Barna, R. (2006). Leaching behaviour of low level organic pollutants contained in cement-based materials: experimental methodology and modelling approach. *Journal of hazardous materials*, 138(2), 331-342.
- Van der Sloot, H.A., van Zomeren, A., Meeussen, J.C.L., Seignette, P., Bleijerveld, R. (2007). Test method selection, validation against field data, and predictive modelling for impact evaluation of stabilised waste disposal. *Journal of hazardous materials*, 141(2), 354-369.
- Van Zomeren, A., Meeussen, J.C.L., Oonk, H., Luning, L., van der Sloot, H.A. (2006). Database. Evaluation of Geochemical and Biochemical Processes and Release from Landfills. The Netherlands.
- Zandi, M., Russell, N.V. (2007). Design of a leaching test framework for coal fly ash accounting for environmental conditions. *Environmental monitoring and assessment*, 131(1-3), 509-526.